云 南 植 物 研 究　2002，24（2）：260～266
Acta Botanica Yunnanica

荞麦水合花粉和花粉管中的被膜小泡*

高新起，王秀玲
（曲阜师范大学生物系，山东 曲阜　273165）

摘要：荞麦水合花粉粒和生长中的花粉管中内质网潴泡形成的囊袋状结构较少见，但内质网囊袋中含有丰富的被膜小泡，直径约为 100～150 nm。刚刚形成的花粉管中，被膜小泡主要来自于花粉粒营养细胞的细胞质。生长中的花粉管的被膜小泡可由高尔基体分泌形成。另外还观察到内质网的碎裂也是荞麦花粉管中产生被膜小泡的一种机制。花粉管的被膜小泡中含有花粉管壁的前体物质，与花粉管的壁融合参与花粉管的生长。被膜小泡可能含有与脂体和造粉质体水解有关的酶，参与此类物质的降解。荞麦花柱和柱头细胞内含物的解体物质参与花粉管的生长。

关键词：荞麦；花粉管；被膜小泡
中图分类号：Q 944　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**0253－2700（2002）02－0260－07

The Coated Vesicles in Hydrating Pollen Grain and Pollen Tube of Buckwheat

GAO Xin-Qi，WANG Xiu-Ling
（*Department of Biology*，*Qufu Normal University*，Shandong 273165，China）

Abstract：There are few rough endoplasmic reticulum（RER）pocket-like units which have large amount of coated vesicles（100－150 nm）in the hydrating pollen grain and pollen tube of buckwheat（*Fagopyrum esculentum* Monch.）. In the newly-formed pollen tube，the coated vesicles mainly come from the pollen grain. The coated vesicles in the growing pollen tube are secreted from golgi body. And the breakage of RER is another resource of coated vesicles in the growing pollen tube. In the pollen tube of buckwheat，the function of coated vesicles which contain the precursor of pollen tube wall is to form pollen tube besides decomposing lipid bodies and amyloplast. The decomposing substance of stigma and style cells play an important role in the growth of pollen tube of buckwheat.

Key words：Buckwheat；Pollen tube；Coated vesicle

Jensen 等（1968）和 Wetzel 等（1992）研究棉花花粉时发现，传粉前成熟的花粉内存在有高度扩张的内质网潴泡，并形成内含脂体和被膜小泡的囊袋状（ER pockets）结构。这是被子植物花粉内除叠堆内质网外的另一种内质网系统构型（Yuan 等，1997）。Yuan 等（1997）在棉花水合和萌发初期的花粉中也观察到内质网的囊袋状结构和被膜小泡，并认

---

* **收稿日期：**2001－03－14，2001－05－10 **接受发表**
作者简介：高新起（1972－）男，山东人，讲师，主要从事植物发育生物学的研究。

为被膜小泡参与了花粉内部营养物质的降解。本文以荞麦为材料研究了水合花粉和花粉管生长初期的超微结构，并观察了被膜小泡及其来源。

1　材料与方法

实验材料荞麦（*Fagopyrum esculentum* Monch.）于 1998、1999 年种植于曲阜师范大学校园内，盛花期人工去雄并授粉。分别于授粉后 0.5 h、1.0 h、1.5 h 取柱头和花柱及成熟的花药，4% 戊二醛 – 1% 锇酸双固定。乙醇系列脱水，丙酮置换，Epon 812 环氧树脂包埋。光镜观察的材料在 Reichert-Jung 切片机上切片，PAS 反应（高碘酸 – 希夫反应）鉴定多糖。电镜观察的材料在 LKB – 7800 型切片机上切片，醋酸双氧铀 – 柠檬酸铅染色，JEM – 1200 透射电镜观察照相。

2　结果

开花前一天，荞麦花粉囊中有许多成熟的花粉粒，花粉粒中含有丰富的呈 PAS 正反应的多糖颗粒（图版Ⅰ：1）。授粉后 1 h，花粉粒萌发形成的花粉管穿过两柱头细胞之间向花柱内生长，此时花粉粒内细胞质的 PAS 反应很弱，表明大部分多糖类物质已被分解（图版Ⅰ：2）。

授粉后 0.5 h，水合的花粉粒营养细胞质内有大量的内质网潴泡，形成大小不一的内质网囊袋状结构，其中含有丰富的被膜小泡（直径约为 100 nm）及脂体，脂体表面有被膜小泡；内质网囊袋状结构外的细胞质中分布有高尔基体、线粒体、质体，以及由花粉粒内质体的多糖物质解体形成的电子透明的体积较大的小泡，这些小泡相互融合形成体积更大的小泡（直径大于 1 000 nm）（图版Ⅰ：3）。刚刚形成的花粉管壁的电子密度与花粉的内壁电子密度相近，花粉管的前端及侧壁上形成许多的壁内突（图版Ⅰ：4）。花粉管内细胞质浓，含有质体及被膜小泡，从电镜照片上测量，这些被膜小泡的直径约为 100 ~ 150 nm，与花粉粒营养细胞质中的被膜小泡大小相近，此时花粉管中的被膜小泡应是来自于花粉粒。此时内质网潴泡变得简单，但仍能观察到数量较少的内质网囊袋状结构，内含多数被膜小泡。造粉质体的电子密度不等，同一造粉质体的电子密度也不均匀，呈现向脂体转化的特征，类似的现象在棉花水合和萌发初期的花粉（Yuan 等，1997）中也观察到。在花粉管的前端，许多被膜小泡与花粉管的壁融合（图版Ⅰ：5）。

授粉后 1 h，花粉管已伸入到花柱中，花粉管细胞质内的内质网潴泡相互连接沟通，内质网囊袋结构已很少见（图版Ⅰ：6）。脂体的表面有被膜小泡分布，有的被膜小泡侵入脂体中，脂体的形状不规则，呈解体状态；造粉质体的表面也有被膜小泡分布；有的内质网潴泡与花粉管壁相接，内质网潴泡形状不规则，有的呈不规则碎裂；有的内质网潴泡内有被膜小泡分布，还观察到有些被膜小泡正通过内质网的囊腔向花粉管的壁靠近；这时被膜小泡的直径为 100 ~ 150 nm（图版Ⅰ：7）。

授粉后 1.5 h，花粉管细胞质有液泡化现象（图版Ⅱ：8）。花粉管前端的细胞壁仍能观察到壁内突，但观察不到内质网潴泡。细胞质中有线粒体、造粉质体、被膜小泡、脂体等细胞器。此时的造粉质体边缘电子密度大，中央电子密度小，呈现解体的特征（图版Ⅱ：9）。花粉管亚顶端的细胞质中亦无内质网潴泡分布，细胞质中有数量丰富的线粒体、高尔基体，高尔基体附近有大量的直径为 100 ~ 150 nm 的被膜小泡，与来自于花粉粒营养

细胞质的被膜小泡直径相近。一些充满絮状物质的体积较大的小泡，可能由质体中内含物降解后产生（在棉花花粉粒萌发初期（Yuan 等，1997）也观察到此现象），最后形成电子透明的、体积较大的小泡（图版Ⅱ：10）。

荞麦成熟柱头及花柱细胞中含丰富的贮存物质，如造粉质体，蛋白质等（图版Ⅱ：1）。而在花粉管生长过后的花柱细胞中贮存营养物质显著减少，整个花柱细胞被一个大液泡占据，细胞质少，成一薄层附在细胞的内周边，细胞质中有少数造粉质体（图版Ⅱ：12）、以及线粒体（图版Ⅱ：13）等。花柱细胞壁间隙充满了无定型物质和泡状物（图版Ⅱ：9，13），有些无定型物质和泡状物正通过花柱细胞和花粉管的壁向花粉管内移动（图版Ⅱ：9）。

3 讨论

3.1 被膜小泡的来源

棉花成熟花粉内的被膜小泡由高尔基体分泌形成并贮存在营养细胞的细胞质中（Wetzel 等，1992）。在棉花花粉水合和萌发初期，营养细胞的细胞质中除原先已有的被膜小泡外，高尔基体继续旺盛的活动，产生大量的被膜小泡（Yuan 等，1997）。荞麦水合和萌发初期的花粉营养细胞的细胞质中也有大量的高尔基体和内质网囊袋，内质网囊袋中有丰的被膜小泡，推测这些被膜小泡也来源于高尔基体。刚刚萌发形成的花粉管内也有大量的被膜小泡，推测这些被膜小泡可能直接来自于花粉粒的营养细胞，这是花粉管中被膜小泡最初的来源。授粉后 1 h 的花粉管内，内质网囊袋已很少见，内质网潴泡碎裂，形状变的不规则，其边缘和内部有大量的被膜小泡，推测内质网潴泡的碎裂也是花粉管细胞质产生被膜小泡的一种机制。Jensen 等（1968）证明棉花花粉粒内的内质网潴泡中富含蛋白质和碳水化合物，因此荞麦花粉管中内质网潴泡的碎裂的作用在于将内质网合成的物质直接以被膜小泡的形式运输。授粉后 1.5 h 的花粉管中内质网潴泡已很少见，但有丰富的高尔基体，活跃的产生被膜小泡，此时荞麦花粉管中被膜小泡主要来自于高尔基体。Cresti 等（1990）认为在花粉管顶端的细胞质中含有两种被膜小泡，其直径分别为 300 nm 和 50 nm，其中直径在 300 nm 的小泡来自于高尔基体，而本观察发现荞麦花粉粒和花粉管中的被膜小泡的直径均在 100 ~ 150 nm 之间。

3.2 被膜小泡的功能

袁宗正等（1997）认为被膜小泡参与了棉花水合和萌发初期花粉粒内脂体和造粉质体的降解。在荞麦上我们也发现花粉营养细胞质内的小泡和花粉管细胞质中的被膜小泡均与造粉质体及脂体关系密切，正在降解的造粉质体及脂体表面都有被膜小泡分布，推测这些被膜小泡可能含有与这些物质水解有关的酶参与这些物质的降解。

Jensen 等（1992）曾证明棉花花粉内的被膜小泡含有花粉管生长所需的多糖物质。另有许多证据也证明花粉管中被膜小泡含有形成花粉管壁的前体物质（Mascarenhas，1993）。这些被膜小泡在花粉管的顶端区与花粉管的质膜融合，小泡的膜成为质膜的一部分，其内含物参与形成花粉管的壁（薛勇彪，1998）。荞麦萌发花粉管中也观察到被膜小泡与花粉管壁融合的现象，表明被膜小泡参与了荞麦花粉管的生长。被膜小泡内的细胞壁前体物质最终的来源应是花粉粒内贮存的丰富的多糖物质和脂体。Steer 等（1989）还认为花粉管中

的被膜小泡除了具有运输功能外，还有合成多糖的作用，但此作用是基于小泡从高尔基体形成后染色模式改变所做的推测。

3.3　Jensen 等（1970）认为棉花花柱细胞对花粉管生长的贡献很小。但在荞麦中发现，未授粉的柱头和花柱细胞中有丰富的贮存营养物质，而花粉管生长后的柱头细胞中营养物质大部分被消耗。同时花柱细胞间隙也有大量的无定型及小泡状物质，似乎是花柱细胞内含物解体形成的，还观察到这些解体物质正通过细胞壁向花粉管迁移，这可能是花柱细胞向花粉管转移营养物质的一种形式。类似的物质转移形式在小麦衰退的珠心组织中（Zhang 等，1984）、小麦穗轴细胞间隙（Jian 等，1983）及向日葵中央细胞与珠被绒毡层之间的胞间隙中（He 等，1991）也观察到。由以上观察可知荞麦花柱中的营养物质参与了荞麦花粉管的生长。

〔参　考　文　献〕

薛勇彪，1998．植物传粉和受精及其分子机理．In：许智宏，刘春明主编，植物发育的分子机理［M］．北京：科学出版社，23—38

Cresti M，Tiezzi A，1990．Germination and pollen tuber formation．In Microspores：Evolution and Ontogeny［M］．London：Academic Press，239—263

He CP（何才平），Yang HY（杨弘远），1991．The ultracytochemical localization of ATPase activity in the ovules of sunflower［J］．*Acta Botanic Sinica*（植物学报），**33**：574—580

Jensen WA，Fisher DB，Ashton ME，1968．Cotton embryogenesis：the pollen cytoplasm［J］．*Planta*，**81**：206—228

Jensen WA，Fisher DB，1970．Cotton embryogenesis：the poZllen tube in the stigma and style［J］．*Protoplasma*，**69**：215—235

Jian LC（简令成），Sun LH（孙龙华），Sun DL（孙德兰），1983．Localization and distribution of the ATPase activity and of the passage material transport in spike-stalk and their relations to the development of spikelets in wheat［J］．*Acta Botanic Sinica*（植物学报），**25**（4）：313—317

Mascarenhas JP，1993．Molecular mechanisms of pollen tube growth and differentiation［J］．*Plant Cell*，**5**：1303—1314

Steer MW，Steer JM，1989．Pollen tube tip growth［J］．*New Phytol*，**111**：323—358

Wetzel CL，Jensen WA，1992．Studies of pollen maturation in cotton：the storage reserve accumulation phase［J］．*Sex Plant Reprod*，**5**：117—127

Yuan ZZ（袁宗正），Hu SY（胡适宜），1997．Ultrastructural changes in hydrating and germinating pollen grain of cotton，with special reference to endoplasmic reticulum and coated vesicles［J］．*Acta Botanic Sinica*（植物学报），**39**：1085—1090

Zhang WC（张伟成），Yan WM（严文梅），Lou CH（娄成后），1984．Transport of disassembled protoplasm from degenerated nucellus into embryo sac and its role in feeding the proliferating antipodals in wheat［J］．*Acta Botanic Sinica*（植物学报），**26**（1）：11—18

图版说明

A 造粉质体 ER 内质网 G 高尔基体 L 脂体 M 线粒体 PG 花粉粒 PT 花粉管 PW 花粉粒的壁 S 柱头细胞 TW 花粉管的壁 V 液泡 Ve 被膜小泡 WI 花粉管的壁内突照片 1，2 为光镜照片，其余为电镜照片。

图版Ⅰ　1．成熟花药横切面，×300；2．授粉后 1 h，花粉粒在柱头上萌发，×750；3．授粉后 0.5 h，水合的花粉粒，示内质网囊袋（↑）和造粉质体水解后形成的体积较大的小泡（＊）×6 500；4．授粉后 0.5 h，刚开始萌发的花粉粒及花粉管，示内质网囊袋（↑0，×5 200；5．图 4 的部分放大，刚形成的花粉管，示内质网囊袋（＊）和被膜小泡与花粉管的壁融合（↑），×13 000；6．授粉后 1 h，花粉管的横切，内质网潴泡相互连接沟通，×3 250；7．图 6 的部分放

大，示内质网潴泡的碎裂（↑），被膜小泡位于脂体的表面或侵入脂体的内部（黑箭头）×13000；

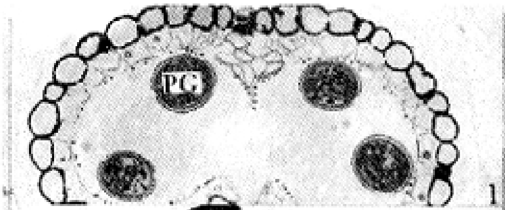
图版Ⅱ 8. **授粉后**1.5 h，**花粉管的纵切，**×2 600；9. **图**8**中花粉管顶端放大，示无定型物质和泡状物正通过花粉管的壁（↑）**×9 750；10. **图**8**中花粉管亚顶端放大，示造粉质体水解后内含絮状物的小泡（↑）**×26 000；11. **授粉前花柱纵切，**×3 250；12. **授粉后**1.5 h，**花柱横切，**×3 250；13. **图**11**的部分放大，胞间隙中大量的的无定型物质和泡状物，**×13 000。

Explanation of Plates

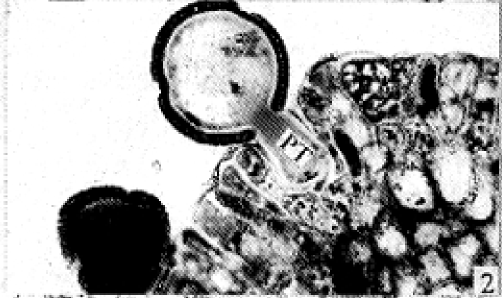
A amyloplast ER endoplasmic reticulum G golgi body L lipid body M mitochondrium PG pollen grain PT pollen tube PW pollen grain wall S stigma cell TW pollen tube wall V vacuole Ve coated vesicle WI wall ingrowth of pollen tube Fig. 1 and Fig. 2 are light micrographs，the others are electron micrographs.

PlateⅠ 1. the cross section of mature anther，×300；2. a germinating pollen grain on the surface of stigma，1h after pollination，×750；3. hydrating pollen grain 0.5 h after pollination，showing ER-pocket（↑），×6 500；4. a germinating pollen grain 0.5 h after pollination，showing ER-pocket（↑），×5 200；5. magnification of part of fig. 4，the pollen tube，showing ER-pocket（*），×13 000；6. the cross section of pollen tube in style 1h after pollination，×3 250 Fig. 7 magnification of part of Fig. 6，showing ER breakage（↑）and coated vesicle on the face of lipid body（black arrow），×13 000；

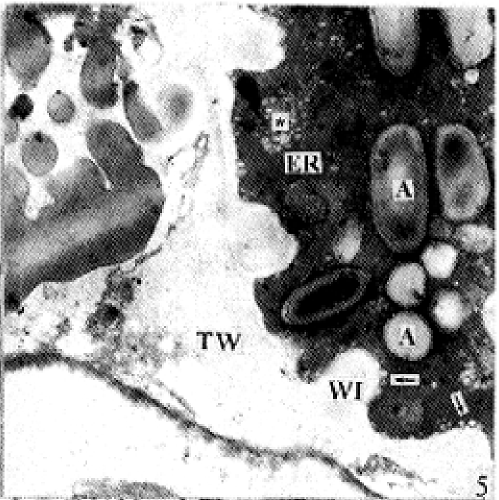
PlaeⅡ 8. longitudinal section of a pollen tube，1.5 h after pollination，×2 600；9. magnification of part of fig. 8，top of pollen tube，amorphous substance passing through the wall of pollen tube，×9 750；10. magnification of part of fig. 8，showing the sub-top of pollen tube，×26 000；11. longitudinal section of style before pollination，×3 250；12. cross section of style，1.5 h after pollination，×3 250；13. magnification of part of fig. 11，showing amorphous substance among cell walls，×13 000



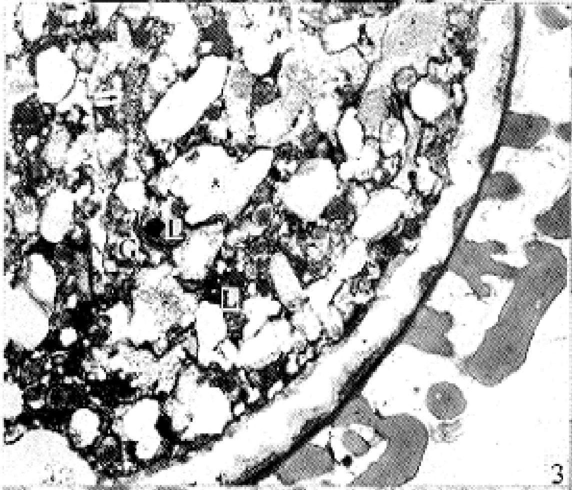
1



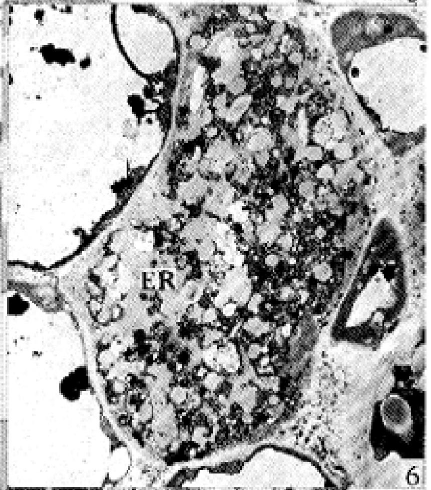
2



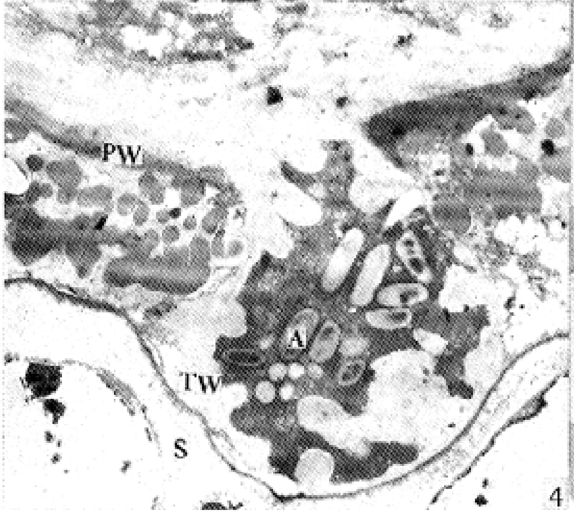
5



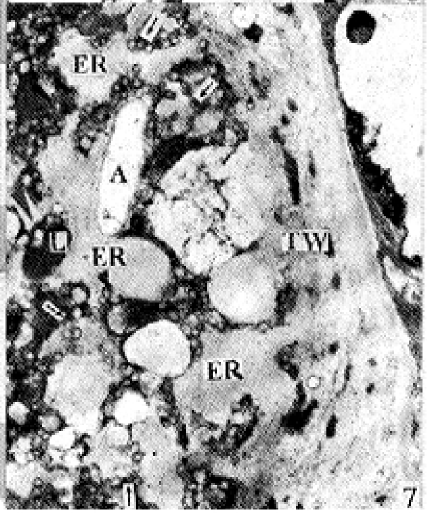
3



6

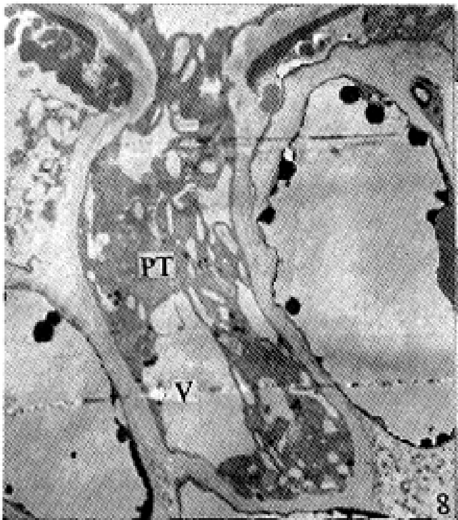


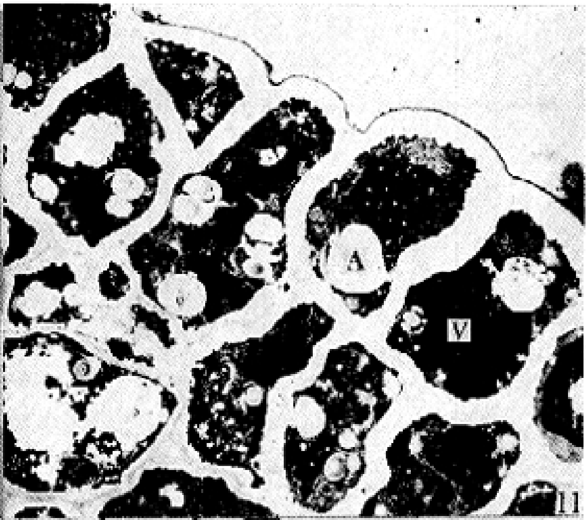
4

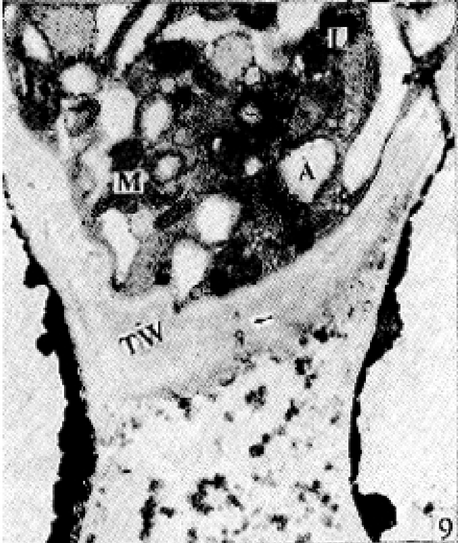


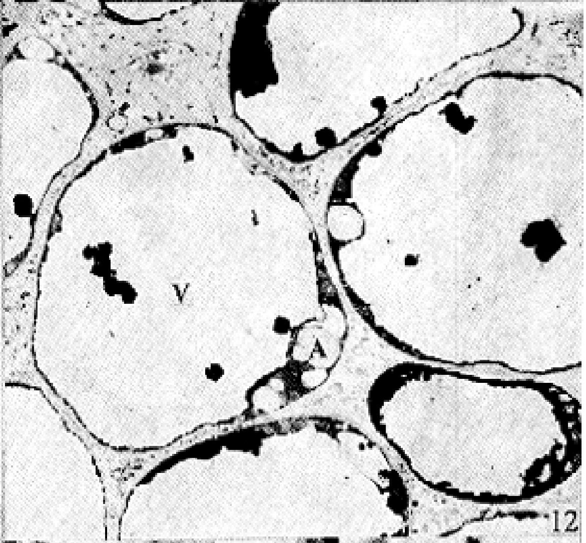
7

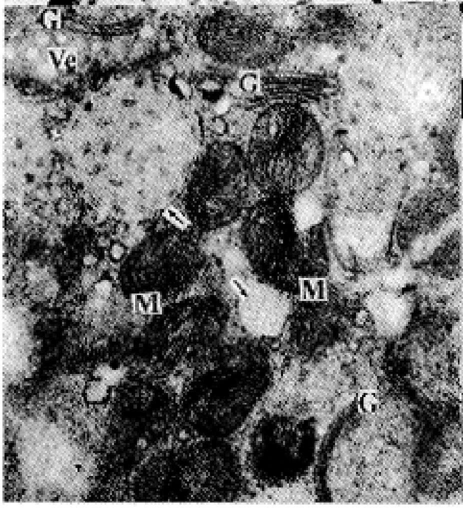
高新起等：　图版 I　　　　CAO Xin－Qi *et al*:　Plate I

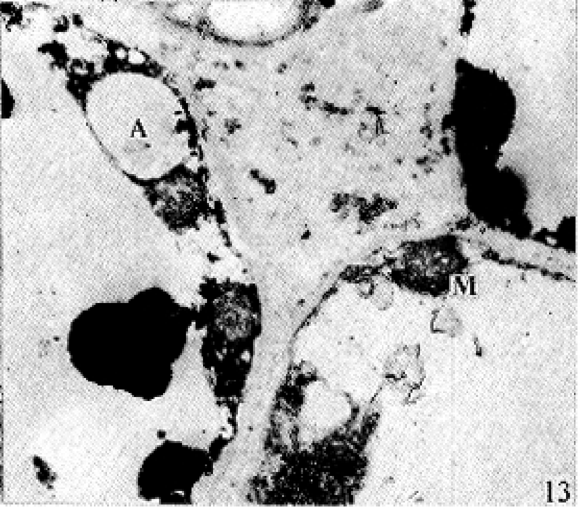












高新起等：　图版Ⅱ　　GAO Xin - Qi *et al*:　Plate Ⅱ